

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-235038

(43)Date of publication of application : 29.08.2000

(51)Int.Cl.

G01N 37/00
G11B 7/12
G11B 7/135
G11B 11/10
// G01B 11/30

(21)Application number : 11-036347

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 15.02.1999

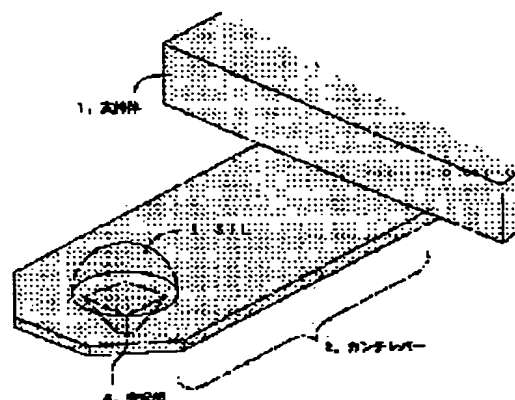
(72)Inventor : SHIMADA YASUHIRO
KURODA AKIRA

(54) PROBE FOR LIGHT DETECTION OR LIGHT IRRADIATION AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract :

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a probe for light detection or light irradiation having an easy manufacturing process, satisfactory in shape reproducibility, capable of being manufactured at a low cost, advantageous to multiplication, not needing optical alignment of a condensing lens with an SIL, and capable of being reduced in size, and provide a manufacturing method thereof.

SOLUTION: This probe is characterized in that a solid immersion lens is formed on a free end part of a cantilever supported by a support body 1, and the manufacturing method of the probe for light detection or light irradiation is characterized by having, at least, (a) a process for manufacturing a first die having an inverted hemispherical recessed part, (b) a process for manufacturing a second die having an inverted projection-shaped recessed part, and (c) a process for packing a light-transmitting resin material between the first die and the second die, curing it, and peeling the resin material off the first and second dies, thereby forming on the cantilever a probe having a hemispherical lens and a projection part 4.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.12.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

2/5

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-235038

(P 2 0 0 0 - 2 3 5 0 3 8 A)

(43) 公開日 平成12年8月29日 (2000. 8. 29)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テコト (参考)	
G 0 1 N 37/00		G 0 1 N 37/00	E	2F065
			Y	5D075
G 1 1 B 7/12		G 1 1 B 7/12		5D119
7/135		7/135	Z	
11/10	5 5 1	11/10	5 5 1 A	
審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 15 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平11-36347
(22) 出願日 平成11年2月15日 (1999. 2. 15)

(71) 出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(72) 発明者 島田 康弘
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノ
ン株式会社内
(72) 発明者 黒田 亮
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノ
ン株式会社内
(74) 代理人 100105289
弁理士 長尾 達也

最終頁に続く

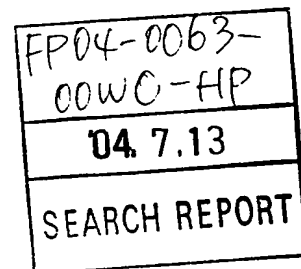
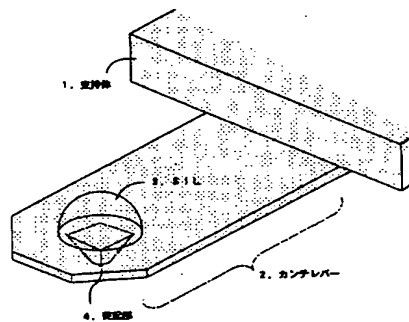
(54) 【発明の名称】 光検出または光照射用のプローブ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、作製プロセスが容易で形状再現性が良く、安価に製造できると共に、マルチ化に有利であり、集光レンズとS I Lとの光学的なアライメントが不要で、装置の小型化が可能な光検出または光照射用のプローブ及びその製造方法を提供することを目的としている。

【解決手段】 本発明のプローブは、支持体に支持された片持ち梁の自由端部に、固浸レンズが形成されてなることを特徴とするものであり、また、本発明の光検出または光照射用のプローブの製造方法は、(a) 逆半球状の凹部を有する第1の金型を製造する工程と、(b) 逆突起状の凹部を有する第2の金型を製造する工程と、

(c) 前記第1の金型と前記第2の金型との間に、光透過性の樹脂材料を充填して硬化させ、前記第1の金型及び前記第2の金型から前記樹脂材料を剥離することにより、片持ち梁上に半球状レンズと突起部を有するプローブを形成する工程と、を少なくとも有することを特徴とするものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】支持体に支持された片持ち梁の自由端部に、固浸レンズが形成されてなることを特徴とする光検出または光照射用のプローブ。

【請求項2】前記片持ち梁上に、固浸レンズへ光を集光するための集光用レンズが配されてなることを特徴とする請求項1に記載の光検出または光照射用のプローブ。

【請求項3】前記集光用レンズが、光透過性の樹脂材料よりなることを特徴とする請求項2に記載の光検出または光照射用のプローブ。

【請求項4】前記固浸レンズが、半球状レンズと突起部よりなることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の光検出または光照射用のプローブ。

【請求項5】前記固浸レンズが、前記半球状レンズと前記突起部によって超半球レンズとして機能するように構成されてなることを特徴とする請求項4に記載の光検出または光照射用のプローブ。

【請求項6】前記固浸レンズが、光透過性の樹脂材料よりなることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の光検出または光照射用のプローブ。

【請求項7】前記片持ち梁が、前記固浸レンズを含む光透過性の樹脂材料Aと、前記集光用レンズを含む光透過性の樹脂材料Bとを積層した構造を有することを特徴とする請求項2～6のいずれか1項に記載の光検出または光照射用のプローブ。

【請求項8】前記樹脂材料Aの屈折率が、前記樹脂材料Bの屈折率よりも大きいことを特徴とする請求項7に記載の光検出または光照射用のプローブ。

【請求項9】前記片持ち梁が、前記樹脂材料Aと、該樹脂材料Aに積層された前記樹脂材料Bを中間層として、前記集光用レンズを含む光透過性の樹脂材料Cを積層した構造を有することを特徴とする請求項2～6のいずれか1項に記載の光検出または光照射用のプローブ。

【請求項10】前記樹脂材料Aおよび前記樹脂材料Cの屈折率が、前記樹脂材料Bの屈折率よりも大きいことを特徴とする請求項9に記載の光検出または光照射用のプローブ。

【請求項11】前記樹脂材料Bが、前記固浸レンズと前記集光用レンズの近傍に空隙を有することを特徴とする請求項10に記載の光検出または光照射用のプローブ。

【請求項12】前記片持ち梁上に、撓み検出用の光反射膜を有することを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の光検出または光照射用のプローブ。

【請求項13】前記突起部の周囲に、磁場印加用のコイルを有することを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の光検出または光照射用のプローブ。

【請求項14】プローブを用いた顕微鏡装置において、前記プローブが請求項1～13のいずれか1項に記載の光検出または光照射用のプローブからなることを特徴とする顕微鏡装置。

【請求項15】プローブを用いた記録再生装置において、前記プローブが請求項1～13のいずれか1項に記載の光検出または光照射用のプローブからなることを特徴とする記録再生装置。

【請求項16】光検出または光照射用のプローブの製造方法であって、(a)逆半球状の凹部を有する第1の金型を製造する工程と、(b)逆突起状の凹部を有する第2の金型を製造する工程と、(c)前記第1の金型と前記第2の金型との間に、光透過性の樹脂材料を充填して硬化させ、前記第1の金型及び前記第2の金型から前記樹脂材料を剥離することにより、片持ち梁上に半球状レンズと突起部を有するプローブを形成する工程と、を少なくとも有することを特徴とする光検出または光照射用のプローブの製造方法。

【請求項17】光検出または光照射用のプローブの製造方法であって、(a)逆半球状の凹部を有する第1の金型を製造する工程と、(b)逆突起状の凹部を有する第2の金型を製造する工程と、(c)前記第1の金型と前記第2の金型の間に、光透過性の樹脂材料Aを充填して硬化させ、前記第1の金型から樹脂材料Aを剥離する工程と、(d)凹レンズ状の凹部を有する第3の金型を製造する工程と、(e)前記樹脂材料Aを有する第2の金型と前記第3の金型との間に、光透過性の樹脂材料Bを充填して硬化させ、前記第2の金型と前記樹脂材料Aとの間、及び、前記第3の金型と前記樹脂材料Bとの間で剥離を行なうことにより、片持ち梁上に樹脂材料Bよりなる集光用レンズ、樹脂材料Aよりなる半球状レンズ及び突起部、を有するプローブを形成する工程と、を少なくとも有することを特徴とする光検出または光照射用のプローブの製造方法。

【請求項18】前記樹脂材料Aの屈折率が、前記樹脂材料Bの屈折率よりも大きいことを特徴とする請求項17に記載の光検出または光照射用のプローブの製造方法。

【請求項19】光検出または光照射用のプローブの製造方法であって、(a)逆半球状の凹部を有する第1の金型を製造する工程と、(b)逆突起状の凹部を有する第2の金型を製造する工程と、(c)前記第1の金型と前記第2の金型の間に、光透過性の樹脂材料Aを充填して硬化させ、前記第1の金型から樹脂材料Aを剥離する工程と、(d)凹レンズ状の凹部を有する第4の金型を製造すると共に、該第4の金型によって凸レンズ状の凸部を有する第5の金型を製造する工程と、(e)前記樹脂材料Aを有する第2の金型と前記第5の金型との間に、光透過性の樹脂材料Bを充填して硬化させ、前記第5の金型から前記樹脂材料Bを剥離する工程と、(f)前記樹脂材料Bおよび樹脂材料Aを有する前記第2の金型と前記第4の金型との間に、光透過性の樹脂材料Cを充填して硬化させ、前記第2の金型と前記樹脂材料Aとの間、及び、前記第4の金型と樹脂材料Cとの間で剥離を行なうことにより、片持ち梁上に樹脂材料Cよりなる集

光用レンズ、樹脂材料Bよりなる中間層、樹脂材料Aよりなる半球状レンズ及び突起部、を有するプローブを形成する工程と、を少なくとも有することを特徴とする光検出または光照射用のプローブの製造方法。

【請求項20】前記樹脂材料Bよりなる中間層の一部を除去し、集光レンズと半球状レンズとの間に空隙を形成する工程を有することを特徴とする請求項19に記載の光検出または光照射用のプローブの製造方法。

【請求項21】前記樹脂材料Aおよび前記樹脂材料Cの屈折率が、前記樹脂材料Bの屈折率よりも大きいことを特徴とする請求項19または請求項20に記載の光検出または光照射用のプローブの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固浸レンズ (Solid Immersion Lens) を有するプローブとその製造方法、及び該プローブによって構成されてなる顕微鏡装置または記録再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、近接場光を用いた半球状の固浸レンズ (Solid Immersion Lens; 以下SILと略す) が提案された (Appl. Phys. Lett. Vol. 57 No. 24, 2615 (1990))。SILにおいては、レンズの屈折率を n とすると、波長 λ でSILに入射した光は、SIL中で波長が λ/n となり、この結果、光のスポット径を通常の光学系の $1/n$ に絞ることできる。さらに、超半球のSILにより光のスポット径を $1/n^2$ にすることができる (Appl. Phys. Lett. Vol. 65 No. 4, 388 (1994))。これらの技術により、光学顕微鏡の高分解能化や光記録の高密度化が実現されている。さらにSILをカンチレバーの自由端部に搭載することが示唆されている (Appl. Phys. Lett. Vol. 72 No. 22, 2779 (1998))。SILをカンチレバーに搭載することにより、原子間力顕微鏡 (AFM) の機能を付与させることができる他、その機能を利用してカンチレバー探針と試料との距離制御を容易にすることが可能である。また、探針と試料との間に必要以上の荷重が加わるのを防止できる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、SILを自由端部に搭載したカンチレバーは、その製造工程においてカンチレバー自由端部に半球状のレンズあるいは突起を貼りあわせる必要があり、接合時のアライメント精度を得ることが難しい。また、複数のプローブを大量に製造する場合の生産性や形状再現性に乏しいという問題がある。また、SILがカンチレバー上にあるために、SILに光を集光させるための集光用レンズとSIL

Lとのアライメントが困難であり、また、カンチレバーの変位により光軸がずれ易いという問題がある。

【0004】そこで、本発明は、上記従来技術の有する課題を解決し、作製プロセスが容易で形状再現性が良く、安価に製造できると共に、マルチ化に有利であり、集光レンズとSILとの光学的なアライメントが不要で、装置の小型化が可能な光検出または光照射用のプローブ及びその製造方法を提供することを目的とするものである。

10 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を達成するために、光検出または光照射用のプローブ及びその製造方法を、つぎのように構成したことを特徴とするものである。すなわち、本発明の光検出または光照射用のプローブは、支持体に支持された片持ち梁の自由端部に、固浸レンズが形成されてなることを特徴としている。また、本発明の光検出または光照射用のプローブは、前記片持ち梁上に、固浸レンズへ光を集光するための集光用レンズが配されてなることを特徴としている。

20 また、本発明の光検出または光照射用のプローブは、前記集光用レンズが、光透過性の樹脂材料よりなることを特徴としている。また、本発明の光検出または光照射用のプローブは、前記固浸レンズが、半球状レンズと突起部よりなることを特徴としている。また、本発明の光検出または光照射用のプローブは、前記固浸レンズが、前記半球状レンズと前記突起部によって超半球レンズとして機能するように構成されてなることを特徴としている。また、本発明の光検出または光照射用のプローブは、前記固浸レンズが、光透過性の樹脂材料よりなることを特徴としている。また、本発明の光検出または光照射用のプローブは、前記片持ち梁が、前記固浸レンズを含む光透過性の樹脂材料Aと、前記集光用レンズを含む光透過性の樹脂材料Bとを積層した構造を有することを特徴としている。また、本発明の光検出または光照射用のプローブは、前記樹脂材料Aの屈折率が、前記樹脂材料Bの屈折率よりも大きいことを特徴としている。また、本発明の光検出または光照射用のプローブは、前記片持ち梁が、前記樹脂材料Aと、該樹脂材料Aに積層された前記樹脂材料Bを中間層として、前記集光用レンズを含む光透過性の樹脂材料Cを積層した構造を有することを特徴としている。また、本発明の光検出または光照射用のプローブは、前記樹脂材料Aおよび前記樹脂材料Cの屈折率が、前記樹脂材料Bの屈折率よりも大きいことを特徴としている。また、本発明の光検出または光照射用のプローブは、前記樹脂材料Bが、前記固浸レンズと前記集光用レンズの近傍に空隙を有することを特徴としている。また、本発明の光検出または光照射用のプローブは、前記片持ち梁上に、撓み検出用の光反射膜を有することを特徴としている。また、本発明の光検出または光照射用のプローブは、前記突起部の周囲に、磁場印

加用のコイルを有することを特徴としている。また、本発明のプロープを用いた顕微鏡装置は、そのプロープが上記した本発明のいずれかの光検出または光照射用のプロープからなることを特徴としている。また、本発明のプロープを用いた記録再生装置は、そのプロープが上記した本発明のいずれかの光検出または光照射用のプロープからなることを特徴としている。

【0006】また、本発明の光検出または光照射用のプロープの製造方法は、(a) 逆半球状の凹部を有する第1の金型を製造する工程と、(b) 逆突起状の凹部を有する第2の金型を製造する工程と、(c) 前記第1の金型と前記第2の金型との間に、光透過性の樹脂材料を充填して硬化させ、前記第1の金型及び前記第2の金型から前記樹脂材料を剥離することにより、片持ち梁上に半球状レンズと突起部を有するプロープを形成する工程と、を少なくとも有することを特徴としている。また、本発明の光検出または光照射用のプロープの製造方法は、(a) 逆半球状の凹部を有する第1の金型を製造する工程と、(b) 逆突起状の凹部を有する第2の金型を製造する工程と、(c) 前記第1の金型と前記第2の金型との間に、光透過性の樹脂材料Aを充填して硬化させ、前記第1の金型から樹脂材料Aを剥離する工程と、

(d) 凹レンズ状の凹部を有する第3の金型を製造する工程と、(e) 前記樹脂材料Aを有する第2の金型と前記第3の金型との間に、光透過性の樹脂材料Bを充填して硬化させ、前記第2の金型と前記樹脂材料Aとの間、及び、前記第3の金型と前記樹脂材料Bとの間で剥離を行なうことにより、片持ち梁上に樹脂材料Bよりなる集光用レンズ、樹脂材料Aよりなる半球状レンズ及び突起部、を有するプロープを形成する工程と、を少なくとも有することを特徴としている。そして、本発明のこれらの光検出または光照射用のプロープの製造方法において、前記樹脂材料Aの屈折率が、前記樹脂材料Bの屈折率よりも大きいことを特徴としている。また、本発明の光検出または光照射用のプロープの製造方法は、(a) 逆半球状の凹部を有する第1の金型を製造する工程と、

(b) 逆突起状の凹部を有する第2の金型を製造する工程と、(c) 前記第1の金型と前記第2の金型の間に、光透過性の樹脂材料Aを充填して硬化させ、前記第1の金型から樹脂材料Aを剥離する工程と、(d) 凹レンズ状の凹部を有する第4の金型を製造すると共に、該第4の金型によって凸レンズ状の凸部を有する第5の金型を製造する工程と、(e) 前記樹脂材料Aを有する第2の金型と前記第5の金型との間に、光透過性の樹脂材料Bを充填して硬化させ、前記第5の金型から前記樹脂材料Bを剥離する工程と、(f) 前記樹脂材料Bおよび樹脂材料Aを有する前記第2の金型と前記第4の金型との間に、光透過性の樹脂材料Cを充填して硬化させ、前記第2の金型と前記樹脂材料Aとの間、及び、前記第4の金型と樹脂材料Cとの間で剥離を行なうことにより、片持

ち梁上に樹脂材料Cよりなる集光用レンズ、樹脂材料Bよりなる中間層、樹脂材料Aよりなる半球状レンズ及び突起部、を有するプロープを形成する工程と、を少なくとも有することを特徴としている。また、本発明の光検出または光照射用のプロープの製造方法は、前記樹脂材料Bよりなる中間層の一部を除去し、集光レンズと半球状レンズとの間に空隙を形成する工程を有することを特徴としている。そして、本発明のこれらの光検出または光照射用のプロープの製造方法において、前記樹脂材料Aおよび前記樹脂材料Cの屈折率が、前記樹脂材料Bの屈折率よりも大きいことを特徴としている。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明は、上記構成によって、本発明によるプロープはSILにより光のスポット径を従来の光学系よりも小さくし、高分解能での光学像観察や、高密度な光記録を行なうことを可能とするものである。本発明によるプロープの第1態様は、図1に示すように支持体1に支持されたカンチレバー2の自由端部に、半球状のSIL3及び突起部4（突起先端に微小な平坦部を有する）を有している。この態様のプロープは図4に示すようにSIL3上部に集光用のレンズを配置して用いる。また、本発明によるプロープの第2態様は、図5、図9および図14に示すように支持体1に支持されたカンチレバー2の自由端部に、半球状の集光用レンズ22、半球状のSIL3及び突起部4を有している。この態様のプロープを顕微鏡や記録再生装置に使用する際は、プロープの他に集光用レンズを配置する必要が無く、装置をコンパクトに構成することが可能である。

【0008】集光レンズ、SILおよび突起部の構成材料としては光透過性を有することが必要である。レーザー光は集光レンズにより屈折して集光され、SILに入射する際にさらに屈折し、突起部の先端に集光する。SILと突起部の組み合わせは、超半球レンズとして機能するように設計される。また、光のスポット径を小さくするためには開口数NAを大きくすることが必要であり、材料の屈折率は例えば以下のような組み合わせで選択される。

- ① 集光レンズ（低屈折率材料）／SIL・突起部（高屈折率材料）
- ② 集光レンズ（高屈折率材料）／中間層（低屈折率材料）／SIL・突起部（高屈折率材料）
- ③ 集光レンズ（高屈折率材料）／空隙／SIL・突起部（高屈折率材料）

集光レンズとしては球面収差の小さい非球面レンズやグレーティングレンズ等を用いることが可能である。また、カンチレバーの撓みを検出するために、カンチレバー上にピエゾ抵抗層や光てこ用の反射膜を形成してもよい。これにより原子間力顕微鏡用のプロープとしても用

いることができるとともに、プローブ試料間距離の調

節を容易にすることができる。

【0009】本発明はまた、上記プローブの製造方法を含み、具体的には、

- ① 逆半球状の凹部を有する金型、
- ② 逆突起状の凹部を有する金型、
- ③ 凹レンズ状の凹部を有する金型、
- ④ 凸レンズ状の凸部を有する金型、

等を作製し、これら金型を適宜組み合わせ、2つの金型の間に光透過性の樹脂を充填して硬化させ、剥離することにより樹脂の成形を行う。また、この工程を複数回繰り返すことにより、複数のレンズを有する多層構成のプローブを形成することができる。金型の作製方法としては各種の切削加工やエッチング法が利用できる。逆半球状の凹部を有する金型の製法としては、特に「自社件；FN176393」に開示されているマイクロレンズ金型の製造方法が形状再現性の点で優れている。逆突起状の凹部を有する金型の製法としては、特に面方位(100)の単結晶シリコンを異方性エッチングする方法が形状再現性の点で優れている。また、凸レンズ状の凸部を有する金型の製法としては、レジスト等をリフローさせる方法が優れている。凹レンズ状の凹部を有する金型は、凸レンズ状の凸部を有する金型から製造するのが良い。本発明はまた、上記プローブを用いた顕微鏡装置および記録再生装置を含む。

【0010】

【実施例】以下に、本発明の実施例について説明をする。

【実施例1】実施例1は本発明によるプローブ及びその製造方法に係るものであり、図1に本実施例におけるプローブの構成を示す。プローブは支持体1に支持されたカンチレバー2の自由端部に、半球状のSIL3及び突起部4を有している。SIL3、突起部4、及びカンチレバー2は全て屈折率 $n=1.6$ の均一な樹脂よりできている。SIL3の半径は $4\mu\text{m}$ 、突起の高さは $3\mu\text{m}$ 、カンチレバー2の長さは $200\mu\text{m}$ である。

【0011】図2および図3は、本実施例によるプローブの製造工程を示す断面図である。以下、この図に従い製造方法を説明する。まず、シリコンよりなる第1基板5の表面にスパッタリング法によりTiを 5nm 、Auを 200nm 成膜し、導電層6とした。次に、絶縁層7としてフォトリソグرافィの手法により開口部8を形成した(図2(a)参照)。開口部8は円形をしており、その直径は $5\mu\text{m}$ である。次に、第1基板5の導電層6を陰極としてNiメッキを行い、Niよりなる半球部9を形成した(図2(b)参照)。次に、スパッタリング法によりTiを 5nm 、Auを 200nm 成膜し第1接合層10とした(図2

(c)参照)。次に、シリコンよりなる接合用基板11に同じくスパッタリング法によりTiを 5nm 、Auを 200nm 成膜し、第2接合層12とした(図2(d)

参照)。次に、第1基板5と接合用基板11とをアライメントし、荷重を加えた後、 300°C に加熱することにより、第1接合層10と第2接合層12との界面で接合を行った(図2(e)参照)。次に、離型剤を塗布した後、紫外線硬化するフォトリソマーからなる金型用樹脂13を第1基板5上に滴下し、紫外線を照射して金型用樹脂13を硬化させ、金型用樹脂13を剥離して第1金型14とした(図2(f)参照)。

【0012】次に、面方位(100)の単結晶シリコン基板よりなる第2基板15の表面に熱酸化により SiO_2 を 200nm 成膜し、マスク層16とした後、フォトリソグرافィーと CF_4 ガスを用いたドライエッチングによりレバー用開口部17を形成しテトラメチルアンモニウムヒドロキシドの水溶液を用いてシリコンの異方性エッチングを行った(図3(a)参照)。次に、フッ酸とフッ化アンモニウムの混合水溶液を用いてマスク層16をエッチング除去した。次に、再び第2基板15の表面に熱酸化により SiO_2 を 200nm 成膜し、マスク層18とした後、フォトリソグرافィーと CF_4 ガスを用いたドライエッチングにより突起用開口部19を形成した(図3(b)参照)。次に、テトラメチルアンモニウムヒドロキシドの水溶液を用いてシリコンの異方性エッチングを行った(図3(c)参照)。次に、フッ酸とフッ化アンモニウムの混合水溶液を用いてマスク層18をエッチング除去し、第2金型20とした(図3(d)参照)。次に、第2金型20上に離型剤を塗布した後、紫外線硬化するエポキシ系樹脂からなる高屈折率樹脂21を第2金型20上に滴下し、この上に離型剤を塗布した第1金型14をアライメントして荷重を加え、余分な高屈折率樹脂21を取り除いた後、第1金型14上部から紫外線を照射して高屈折率樹脂21を硬化させた(図3(e)参照)。尚、高屈折率樹脂21の屈折率 n は 1.6 である。次に、第1金型14および第2金型20から高屈折率樹脂21を剥離してプローブ101を形成した(図3(f)参照)。

【0013】図4は、本実施例によるプローブ101の結像を説明したものである。本プローブにおいてはSIL3の上方に集光レンズを配置することが必要である。レーザー光はこの集光レンズにより屈折して集光され、SIL3に入射する際にさらに屈折し、突起部の先端に集光する。図におけるSIL3と突起部4との組み合わせは超半球のSILとして作用する。本実施例により、カンチレバー2上にSIL3と突起部4を有するプローブの製造方法においてプロセスを簡略化し、高い形状再現性を得ることができた。

【0014】【実施例2】実施例2は本発明によるプローブ及びその製造方法に係るものであり、図5に本実施例におけるプローブの構成の斜視図を示す。プローブは支持体1に支持されたカンチレバー2の自由端部に、半球状の集光レンズ22、半球状のSIL3及び突起部4

を有している。SIL3及び突起部4は屈折率 $n=1.6$ の高屈折率材料、集光レンズ22は屈折率 $n=1.4$ の低屈折率材料からなる。集光レンズ22の半径は $10\mu\text{m}$ 、SIL3の半径は $4\mu\text{m}$ 、突起部4の高さは $3\mu\text{m}$ 、カンチレバー2の長さは $200\mu\text{m}$ である。

【0015】図6及び図7は本実施例によるプローブの製造工程を示す断面図である。以下、この図に従い製造方法を説明する。まず、実施例1で示した図2および図2と同様の方法にて第1金型14と第2金型20を作製し、図2(e)と同様に、第2金型20上に離型剤を塗布した後、紫外線硬化するエポキシ系樹脂からなる高屈折率樹脂21を第2金型20上に滴下し、この上に離型剤を塗布した第1金型14をアライメントして荷重を加え、余分な高屈折率樹脂21を取り除いた後、第1金型14上部から紫外線を照射して高屈折率樹脂21を硬化させた。次に、第1金型14から高屈折率樹脂21を剥離した。

【0016】次に、シリコンよりなる第3基板30の表面にスパッタリング法によりTiを 5nm 、Auを 200nm 成膜し、導電層6とした。次に、第1絶縁層31として熱酸化により SiO_2 を 200nm 成膜し、フォトリソグラフィと CF_4 ガスを用いたドライエッチングにより第1開口部32及び第2開口部33を形成した。第1開口部32は円形をしており、その直径は $5\mu\text{m}$ である。第2開口部33はカンチレバー形状をしている。次に、第2絶縁層34としてフォトレジストを塗布し、フォトリソグラフィの手法により第2開口部33を覆った(図6(a)参照)。次に、第3基板30の導電層6を陰極としてNiメッキを行い、Niよりなる直径 $10\mu\text{m}$ の半球部9を形成した(図6(b)参照)。次に、アセトンをもちいて第2絶縁層34を除去し、第2開口部33を露出させた。次に、再び第3基板30の導電層6を陰極としてNiメッキを行い、直径 $20\mu\text{m}$ の半球部9およびカンチレバーに対応する部分を形成した(図6(c)参照)。次に、第3絶縁層35としてフォトレジストを塗布し、フォトリソグラフィの手法によりカンチレバーの支持部1に対応する部分に開口部を形成した。次に、再び第3基板30の導電層6を陰極としてNiメッキを行い、支持部1に対応する部分を形成した(図6(d)参照)。

【0017】次に、第3基板30に離型剤を塗布した後、紫外線硬化するフォトリソマーからなる第3金型用樹脂36を第1基板5上に滴下し、紫外線を照射して第3金型用樹脂36を硬化させ(図6(e)参照)、第3金型用樹脂36を剥離して第3金型37とした(図6(f)参照)。次に、紫外線硬化するアクリル系樹脂よりなる低屈折率樹脂38を第2金型20上の高屈折率樹脂21上に塗布し、この上に離型剤を塗布した第3金型37をアライメントして荷重を加え、余分な低屈折率樹脂38を取り除いた後、第3金型37上部から紫外線を

照射して低屈折率樹脂38を硬化させた(図7(a)参照)。尚、低屈折率樹脂38の屈折率 n は 1.4 である。次に、第3金型37および第2金型20から低屈折率樹脂38を剥離してプローブ102を形成した(図7(b)参照)。

【0018】図8は、本実施例によるプローブ102の結像を説明したものである。レーザー光は集光レンズ22により屈折して集光され、SIL3に入射する際にさらに屈折し、突起部の先端に集光する。図におけるSIL3と突起部4との組み合わせは超半球のSILとして作用する。本実施例によるプローブ102の開口数NAは約 0.5 である。また、入射光の波長を λ とすると、ビームスポット径は約 0.8λ である。本実施例により、カンチレバー2上に集光レンズ22、SIL3および突起部4を有するプローブの製造方法においてプロセスを簡略化し、高い形状再現性を得ることができた。

【0019】[実施例3] 実施例3は本発明によるプローブ及びその製造方法に係るものであり、図9にその構成を示す。図9(a)は断面図、図9(b)は上面図である。プローブは支持体1に支持されたカンチレバー2の自由端部に、半球状の集光レンズ22、半球状のSIL3及び突起部4を有している。集光レンズ22、SIL3及び突起部4は屈折率 $n=1.6$ の高屈折率材料からなる。集光レンズ22とSIL3の間には屈折率 $n=1.4$ の低屈折率材料からなる中間層がある。集光レンズ22の半径は $9\mu\text{m}$ 、SIL3の半径は $4\mu\text{m}$ 、突起部4の高さは $3\mu\text{m}$ 、カンチレバー2の長さは $200\mu\text{m}$ である。また、突起部の周囲には磁場を発生させるためのコイル51を有する。また、カンチレバー2上にカンチレバー2の撓みを検出するための反射膜52を有する。

【0020】図10、図11、図12は本実施例によるプローブの製造工程を示す断面図である。以下、この図に従い製造方法を説明する。まず、実施例1で示した図2(a)～(f)と同様の方法で、第1金型14を作製した。次に、実施例1で示した図3(a)～(d)と同様の方法で、第2金型20を作製した(図10(a)～(d)参照)。次に、第2金型20上に真空蒸着法によりAuを 100nm 成膜し、フォトリソグラフィとドライエッチングによりパターンニングし、コイル51を形成した(図10(e)参照)。次に、第2金型20上に離型剤を塗布した後、紫外線硬化するエポキシ系樹脂からなる高屈折率樹脂21を第2金型20上に滴下し、この上に離型剤を塗布した第1金型14をアライメントして荷重を加え、余分な高屈折率樹脂21を取り除いた後、第1金型14上部から紫外線を照射して高屈折率樹脂21を硬化させた(図10(f)参照)。次に、第1金型14から高屈折率樹脂21を剥離した(図10(g)参照)。

【0021】次に、透明なポリマーからなる基板を切削

加工することにより凹レンズ状の凹部41を有する第4金型42を作製した(図11(a)参照)。次に第4金型42の凹部41を有する面に離型剤を塗布し、紫外線硬化するフォトリソグラーフからなる第5金型用樹脂43を滴下し、紫外線を照射して第5金型用樹脂43を硬化させた(図11(b)参照)。次に、第4金型42から第5金型用樹脂43を剥離することにより凸レンズ状の凸部44を有する第5金型45を作製した。(図11

(c)参照)。

【0022】次に、図10(g)に示した第2金型20上の高屈折率樹脂21上に紫外線硬化するアクリル系樹脂よりなる低屈折率樹脂38を塗布し、この上に凸部44側に離型剤を塗布した第5金型45をアライメントして荷重を加え、余分な低屈折率樹脂38を取り除いた後、第5金型45上部から紫外線を照射して低屈折率樹脂38を硬化させた(図11(d)参照)。この際、第2金型20及び第5金型45の間隔調整の為に厚さ10 μ mのスペーサー(不図示)を用いた。尚、低屈折率樹脂38の屈折率nは1.4である。次に、第2金型20および低屈折率樹脂38から第5金型45を剥離した(図11(e)参照)。

【0023】次に、低屈折率樹脂38上に再び紫外線硬化するエポキシ系樹脂よりなる高屈折率樹脂21を塗布し、この上に凹部41側に離型剤を塗布した第4金型42をアライメントして荷重を加え、余分な高屈折率樹脂21を取り除いた後、第4金型42上部から紫外線を照射して高屈折率樹脂21を硬化させた(図12(a)参照)。この際、低屈折率樹脂38及び第4金型42の間隔調整の為に厚さ4 μ mのスペーサー(不図示)を用いた。尚、高屈折率樹脂21の屈折率nは1.6である。次に、Alを100nm成膜した後、フォトリソグラーフとウェットエッチングによりパターニングし、これをマスク層46としてO₂ガスを用いたドライエッチングにより高屈折率樹脂21及び低屈折率樹脂38のエッチングを行った(図12(b)参照)。次に、レジストを塗布し、フォトリソグラーフとウェットエッチングによりマスク層46パターニングし、反射膜52を形成した。次に、高屈折率樹脂21上に接着剤を用いて支持体1を接合した(図12(c)参照)。最後に、第2金型20と高屈折率樹脂21との界面で剥離してプローブ103とした(図12(d)参照)。

【0024】図13は、本実施例によるプローブ103の結像を説明したものである。レーザー光は集光レンズ22により屈折して集光され、SIL3に入射する際にさらに屈折し、突起部の先端に集光する。図におけるSIL3と突起部4との組み合わせは超半球のSILとして作用する。また、集光レンズ22は球面収差の小さい非球面レンズである。本実施例によるプローブ103の開口数NAは約0.7である。また、入射光の波長を λ とすると、ビームスポット径は約0.6 λ である。本実

施例においては、プローブを高屈折率材料/低屈折率材料/高屈折率材料の3層構造とすることにより、実施例2と比較して大きなNAを得ることができた。また、カンチレバー2上に集光レンズ22、SIL3および突起部4を有するプローブの製造方法においてプロセスを簡略化し、高い形状再現性を得ることができた。また、コイル51を有することにより、光磁気記録用プローブとして用いることが可能となった。また、反射膜52を有することにより、カンチレバーの撓みを検知することが可能となり、原子間力顕微鏡用のプローブとしても用いることができるとともに、この手法を用いてプローブ試料間距離の調節を容易にすることが可能となった。

【0025】[実施例4] 実施例4は、本発明によるプローブ及びその製造方法に係るものであり、図14にその構成を示す。図14(a)は断面図、図14(b)は上面図である。プローブは支持体1に支持されたカンチレバー2の自由端部に、半球状の集光レンズ22、半球状のSIL3及び突起部4を有している。集光レンズ22、SIL3及び突起部4は屈折率n=1.6の高屈折率材料からなり、集光レンズ22とSIL3の間に空隙55を有する。集光レンズ22の半径は10 μ m、SIL3の半径は4 μ m、突起部4の高さは3 μ m、カンチレバー2の長さは200 μ mである。また、カンチレバー2上にカンチレバー2の撓みを検出するための反射膜52を有する。

【0026】図15、図16、図17は本実施例によるプローブの製造工程を示す断面図である。以下、この図に従い製造方法を説明する。まず、実施例1で示した図2(a)～(f)と同様の方法で、第1金型14を作製した。次に、実施例1で示した図2(a)～(d)とは

ほぼ同様の方法で、第2金型20を作製した(図15(a)～(d)参照)。実施例1と異なる点は、第2基板15上のマスク層16をパターニングしてレバー用開口部17を形成する際に、後工程で低屈折率樹脂をエッチングする際の貫通穴54となる部分に島状部53を形成した。

【0027】次に、第2金型20上に離型剤を塗布した後、紫外線硬化するエポキシ系樹脂からなる高屈折率樹脂21を第2金型20上に滴下し、この上に離型剤を塗布した第1金型14をアライメントして荷重を加え、余分な高屈折率樹脂21を取り除いた後、第1金型14上部から紫外線を照射して高屈折率樹脂21を硬化させた(図15(e)参照)。尚、高屈折率樹脂21の屈折率nは1.6である。次に、第1金型14から高屈折率樹脂21を剥離した(図15(f)参照)。

【0028】次に、実施例3で示した図11(a)～(c)と同様の方法で第4金型42及び第5金型45を作製した(図16(a)～(c)参照)。次に、図15(f)に示した第2金型20上の高屈折率樹脂21上に

紫外線硬化するアクリル系樹脂よりなる低屈折率樹脂3

8を塗布し、この上に凸部44側に離型剤を塗布した第5金型45をアライメントして荷重を加え、余分な低屈折率樹脂38を取り除いた後、第5金型45上部から紫外線を照射して低屈折率樹脂38を硬化させた(図16(d)参照)。この際、第2金型20及び第5金型45の間隔調整の為に厚さ8 μ mのスペーサー(不図示)を用いた。尚、低屈折率樹脂38の屈折率nは1.4である。次に、第2金型20および低屈折率樹脂38から第5金型45を剥離した。次に、A1を100nm成膜した後、フォトリソグラフィとウェットエッチングによりパターニングし、これをマスクとしてO₂ガスを用いたドライエッチングによりカンチレバー周囲20 μ mの低屈折率樹脂38をエッチング除去した。次に、ウェットエッチングにより上記のA1を除去した(図16(e)参照)。

【0029】次に、低屈折率樹脂38上に再び紫外線硬化するエポキシ系樹脂よりなる高屈折率樹脂21を塗布し、この上に凹部41側に離型剤を塗布した第4金型42をアライメントして荷重を加え、余分な高屈折率樹脂21を取り除いた後、第4金型42上部から紫外線を照射して高屈折率樹脂21を硬化させた(図17(a)参照)。この際、低屈折率樹脂38及び第4金型42の間隔調整の為に厚さ2 μ mのスペーサー(不図示)を用いた。尚、高屈折率樹脂21の屈折率nは1.6である。次に、A1を100nm成膜した後、フォトリソグラフィとウェットエッチングによりパターニングし、これをマスク層46としてO₂ガスを用いたドライエッチングにより高屈折率樹脂21及び低屈折率樹脂38のエッチングを行った(図17(b)参照)。次に、レジストを塗布し、フォトリソグラフィとウェットエッチングによりマスク層46をパターニングし、反射膜52を形成した。次に、高屈折率樹脂21上に接着剤を用いて支持体1を接合した(図17(c)参照)。次に、第2金型20と高屈折率樹脂21との界面で剥離した。最後に、貫通穴54からアセトンを用いて低屈折率樹脂38の一部を除去することにより空隙55を形成し、プローブ104とした(図17(d)参照)。本実施例において、エポキシ系樹脂よりなる高屈折率樹脂21の耐薬品性を向上させるために樹脂表面にスパッタリング等により酸化シリコンや窒化シリコンなどの無機物をコーティングしても良い。

【0030】図18は、本実施例によるプローブ104の結像を説明したものである。レーザー光は集光レンズ22により屈折して集光され、SIL3に入射する際にさらに屈折し、突起部の先端に集光する。図におけるSIL3と突起部4との組み合わせは超半球のSILとして作用する。また、集光レンズ22は球面収差の小さい非球面レンズである。本実施例によるプローブ104の開口数NAは約0.9である。また、入射光の波長をλとすると、ビームスポット径は約0.4λである。本実

施例においては、プローブを高屈折率材料/空隙/高屈折率材料の3層構造とすることにより、実施例2および実施例3と比較して大きなNAを得ることができた。また、カンチレバー2上に集光レンズ22、SIL3および突起部4を有するプローブの製造方法においてプロセスを簡略化し、高い形状再現性を得ることができた。また、反射膜52を有することにより、カンチレバーの撓みを検知することが可能となり、原子間力顕微鏡用のプローブとしても用いることができるとともに、この手法を用いてプローブ-試料間距離の調節を容易にすることが可能となった。

【0031】[実施例5] 実施例5は、実施例4のプローブを用いた顕微鏡装置である。図20にその構成を示す。まず、近接場光による試料観察機構について説明する。レーザー光源A200から出た光がハーフミラー202を通してプローブ104の集光レンズ22で集光されてSIL3に続く突起部4の先端部に焦点を結ぶ。ここから記録媒体209に染み出した近接場光が試料203に作用して発生する戻り光が、再びSIL3及び集光レンズ22を通り、ハーフミラー202で反射され、受光素子204で検出される。検出された光信号は制御装置206で試料203表面の光学的情報として処理され、その結果は表示装置208に表示される。次に、プローブと試料とのZ方向位置制御機構について説明する。レーザー光源B201から出た光が、プローブの反射膜52で反射され四分割センサー205で検出される。検出された光信号は制御装置206でカンチレバーの撓み信号として計算され、この結果をXYZ走査機構207にフィードバックしてプローブと試料とのZ方向位置を制御する。

【0032】本実施例においては、制御装置206でXYZ走査機構207のXYZ走査信号を発生するとともにこれに同期してカンチレバーの撓み信号及び試料の光学的情報を表示装置208に表示させることにより、原子間力顕微鏡と走査型光学顕微鏡との複合装置として用いることができる。本実施例においては、集光レンズ22とSIL3とが一体となったカンチレバー型プローブを用いることにより、装置をコンパクトにすることができ、また、集光レンズ22とSIL3とのアライメント機構も不要とすることが可能となった。尚、本実施例では実施例4のプローブを用いたが、実施例3に示したプローブも同様に用いることが可能である。

【0033】[実施例6] 実施例6は実施例3のプローブを用いた記録再生装置である。図21にその構成を示す。まず、記録機構について説明する。記録信号に基づく制御装置206の信号によりレーザー光源A200から出た光がハーフミラー202を通してプローブ104の集光レンズ22で集光されてSIL3に続く突起部4の先端部に焦点を結ぶ。これにより光磁気記録媒体209の表面の微小領域の温度が磁気相転移温度より高くな

る。同時に制御装置206の信号により電圧印加回路210から電圧が印加され、コイル51に磁場が発生する。これにより熱せられた微小領域のみに磁化が生じ、記録が行われる。

【0034】次に、再生機構について説明する。レーザー光源A200から出た光がハーフミラー202を通過してプローブ104の集光レンズ22で集光されてSIL3に続く突起部4の先端部に焦点を結び、光磁気記録媒体209の表面で反射された光が、再びSIL3及び集光レンズ22を通り、ハーフミラー202で反射され、受光素子204で検出される。検出された光信号は制御装置206で光カー効果による偏向回転角として処理され、その結果は再生信号として出力される。次に、プローブと試料とのZ方向位置制御機構について説明する。レーザー光源B201から出た光が、プローブの反射膜52で反射され四分分割センサー205で検出される。検出された光信号は制御装置206でカンチレバーの撓み信号として計算され、この結果をXYZ走査機構207にフィードバックしてプローブと試料とのZ方向位置を制御する。

【0035】本実施例においては、制御装置206でXYZ走査機構207のXYZ走査信号を発生するとともにこれに同期してカンチレバーの撓み信号及び試料の光学的情報を表示装置208に表示させることにより、記録再生装置として用いることができる。本実施例においては、集光レンズ22とSIL3とが一体となったカンチレバー型プローブを用いることにより、装置をコンパクトにすることができ、また、集光レンズ22とSIL3とのアライメント機構も不要とすることが可能となった。

【0036】尚、本実施例では実施例3のプローブを用いたが、熱や光により相変化する記録媒体を用いて、実施例4に示したプローブを用いることも可能である。例えば、熱により記録し、記録媒体表面の光反射率により再生することが可能である。

【0037】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によると、カンチレバー上に集光レンズ、SILおよび突起部が形成されたプローブの構成によって、作製プロセスが容易で形状再現性が良く、安価に製造できると共に、マルチ化に有利であり、集光レンズとSILとの光学的なアライメントが不要で、装置の小型化が可能な光検出または光照射用のプローブ及びその製造方法を実現することができる。また、本発明によると、プローブを低屈折率材料／高屈折率材料の2層構造、あるいは高屈折率材料／低屈折率材料（または空隙）／高屈折率材料の3層構造とすることにより、大きなNAを得ることが可能となる。また、本発明によると、片持ち梁上に、撓み検出用の光反射膜を有する構成を採ることによって、カンチレバーの撓みを検知することが可能となり、原子間力顕

微鏡用のプローブとしても用いることができるとともに、この手法を用いてプローブ-試料間距離の調節を容易にすることができる。また、本発明によると、突起部の周囲に、磁場印加用のコイルを有する構成を採ることによって、光磁気記録用プローブとして用いることが可能となる。また、本発明のプローブを用いることにより、顕微鏡装置や記録再生装置をコンパクトに構成することができ、またその際、集光レンズとSILとのアライメント機構も不要とすることが可能となる。

10 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1によるプローブを示す斜視図。

【図2】本発明の実施例1によるプローブの製造方法を示す断面図。

【図3】本発明の実施例1によるプローブの製造方法を示す断面図。

【図4】本発明の実施例1によるプローブの使用形態を示す図。

20 【図5】本発明の実施例2によるプローブを示す斜視図。

【図6】本発明の実施例2によるプローブの製造方法を示す断面図。

【図7】本発明の実施例2によるプローブの製造方法を示す断面図。

【図8】本発明の実施例2によるプローブの使用形態を示す図。

【図9】本発明の実施例3によるプローブを示す図。

【図10】本発明の実施例3によるプローブの製造方法を示す断面図。

30 【図11】本発明の実施例3によるプローブの製造方法を示す断面図。

【図12】本発明の実施例3によるプローブの製造方法を示す断面図。

【図13】本発明の実施例3によるプローブの使用形態を示す図。

【図14】本発明の実施例4によるプローブを示す図。

【図15】本発明の実施例4によるプローブの製造方法を示す断面図。

40 【図16】本発明の実施例4によるプローブの製造方法を示す断面図。

【図17】本発明の実施例4によるプローブの製造方法を示す断面図。

【図18】本発明の実施例4によるプローブの使用形態を示す図。

【図19】本発明の実施例5による顕微鏡装置を示す図。

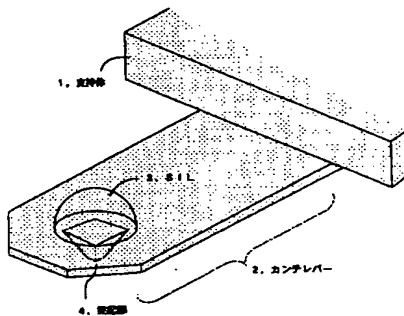
【図20】本発明の実施例6による記録再生装置を示す図。

【符号の説明】

50 1：支持体

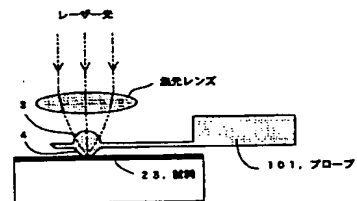
- 2 : カンチレバー
- 3 : SIL (Solid Immersion Lens、固浸レンズ)
- 4 : 突起部
- 5 : 第1基板
- 6 : 導電層
- 7 : 絶縁層
- 8 : 開口部
- 9 : 半球部
- 10 : 第1接合層
- 11 : 接合用基板
- 12 : 第2接合層
- 13 : 第1金型用樹脂
- 14 : 第1金型
- 15 : 第2基板
- 16 : マスク層
- 17 : レバー用開口部
- 18 : マスク層
- 19 : 突起用開口部
- 20 : 第2金型
- 21 : 高屈折率樹脂
- 22 : 集光レンズ
- 23 : 試料
- 30 : 第3基板
- 31 : 第1絶縁層
- 32 : 第1開口部
- 33 : 第2開口部
- 34 : 第2絶縁層

【図1】

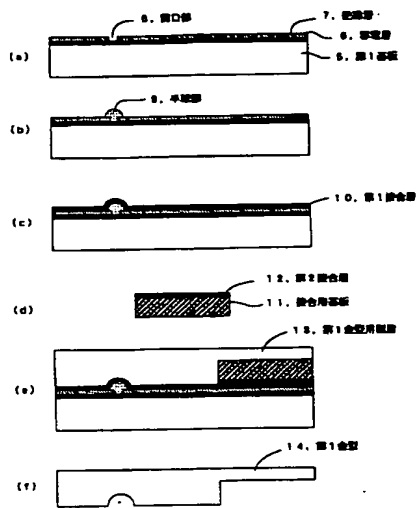


- 35 : 第3絶縁層
- 36 : 第3金型用樹脂
- 37 : 第3金型
- 38 : 低屈折率樹脂
- 41 : 凹部
- 42 : 第4金型
- 43 : 第5金型用樹脂
- 44 : 凸部
- 45 : 第5金型
- 10 46 : マスク層
- 51 : コイル
- 52 : 反射膜
- 53 : 島状部
- 54 : 貫通穴
- 55 : 空隙
- 101、102、103、104 : プローブ
- 200 : レーザー光源A
- 201 : レーザー光源B
- 202 : ハーフミラー
- 20 203 : 試料
- 204 : 受光素子
- 205 : 四分割センサー
- 206 : 制御装置
- 207 : XYZ走査機構
- 208 : 表示装置
- 209 : 光磁気記録媒体
- 210 : 電圧印加回路

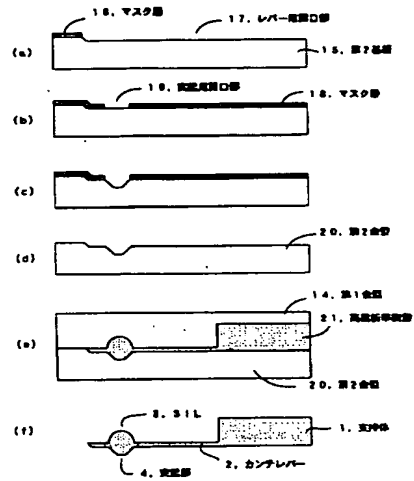
【図4】



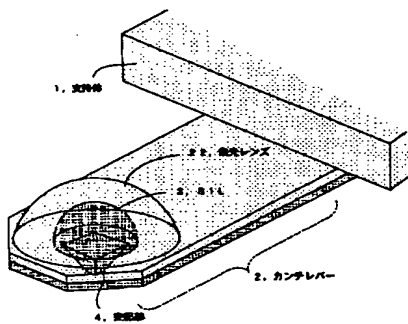
【図2】



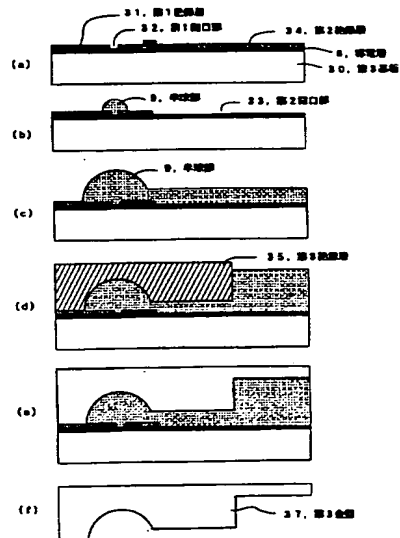
【図3】



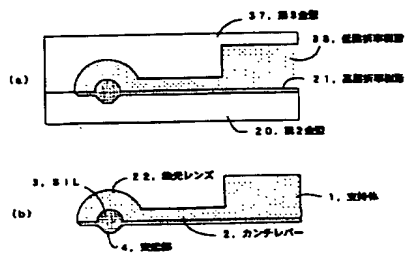
【図5】



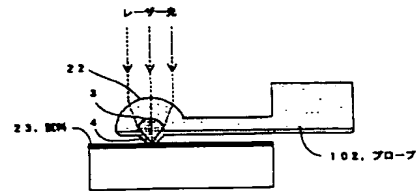
【図6】



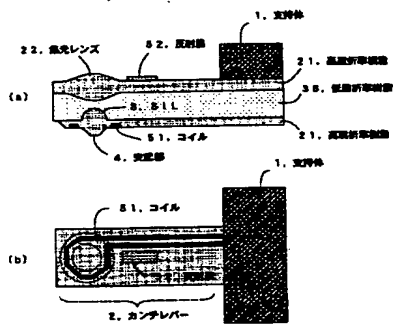
【図7】



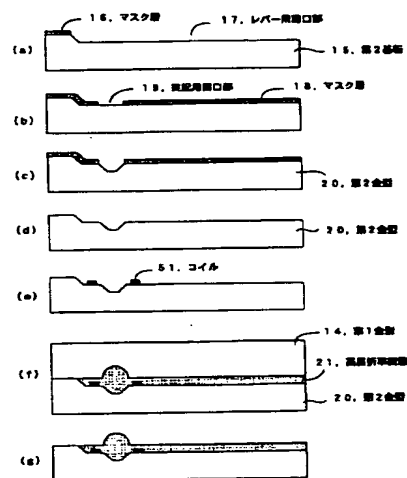
【図8】



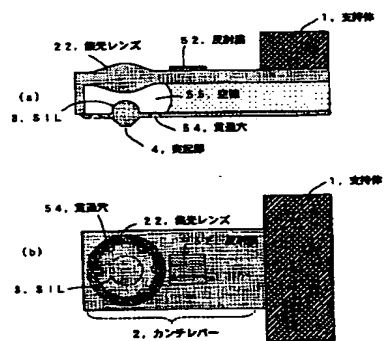
【図9】



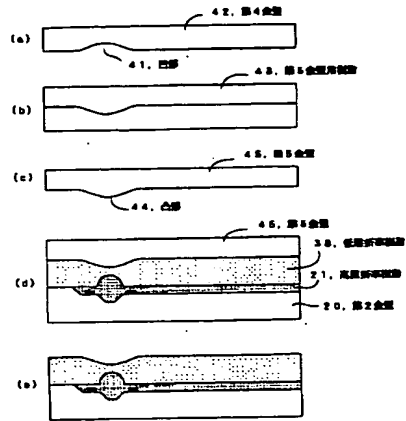
【図10】



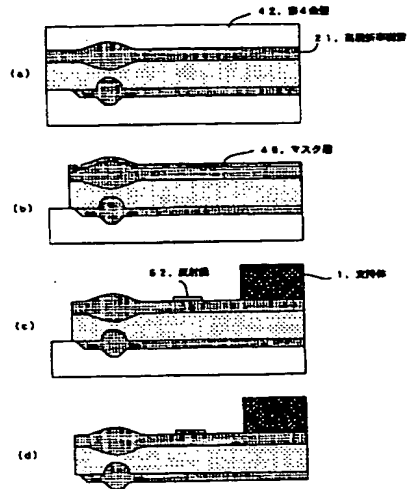
【図14】



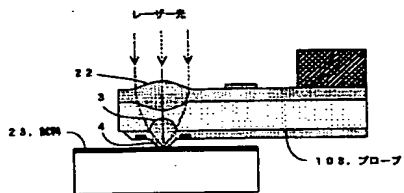
【図11】



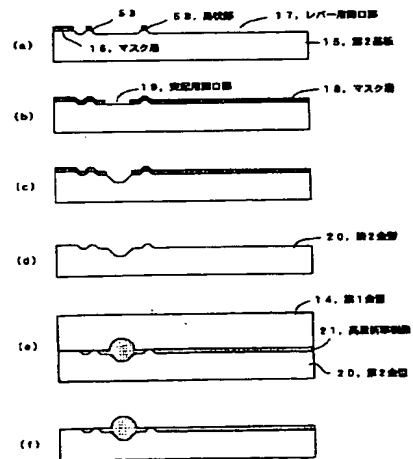
【図12】



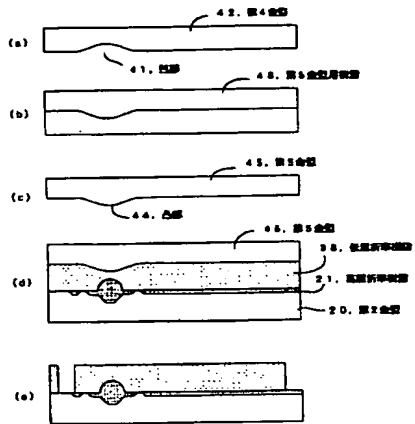
【図13】



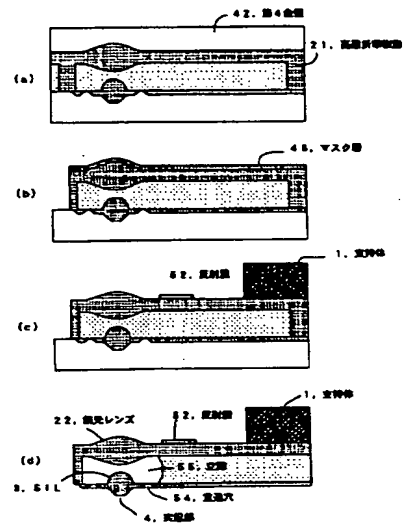
【図15】



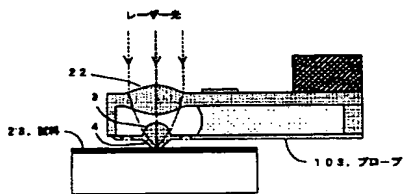
【図16】



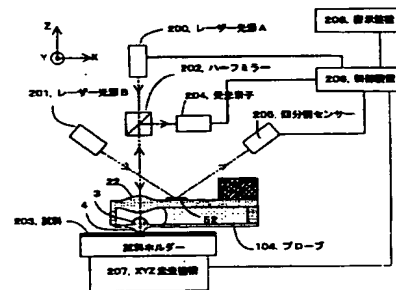
【図17】



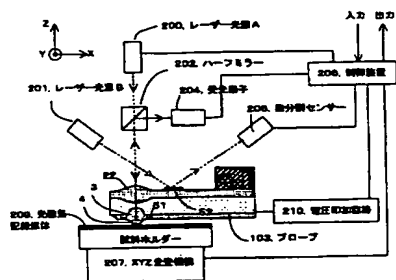
【図18】



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テロト* (参考)

G 1 1 B 11/10

5 6 6

G 1 1 B 11/10

5 6 6 B

// G 0 1 B 11/30

G 0 1 B 11/30

Z

Fターム(参考) 2F065 AA06 AA49 BB01 DD02 FF00
 FF09 GG04 HH04 HH12 HH13
 JJ01 JJ05 JJ08 JJ09 JJ22
 LL00 LL10 LL11 NN20 PP01
 PP12 PP24 SS02 SS13
 5D075 CC04 CC12 CD01 CD17 CF03
 CF08 EE03
 5D119 AA01 AA11 AA22 AA38 BA01
 CA06 CA10 JA44 JB03 JC03
 JC05 JC06 NA05